

**Process for reducing the NOx emissions from rotary kilns and burner for carrying out this process**

Patenttinumero: DE3530683  
Julkaisupäivä: 1987-03-12  
Keksijä(t): XELLER HORST DIPL ING (DE); SCHUBERT PETER (DE)  
Hakija(t): PILLARD FEUERUNGEN GMBH (DE); HEIDELBERGER ZEMENT AG (DE)  
Pyydetty patentti: ☐ DE3530683  
Hakemusnumero: DE19853530683 19850828  
Prioriteettinumero(t): DE19853530683 19850828  
IPC-luokitus F23D17/00; F23D1/00; F23C7/00; F23N3/00  
EC-luokitus C04B7/44, C04B7/60, F23D1/00, F23D17/00  
Vastineet:

---

**Tiivistelmä**

---

A process for reducing the NOx emissions of rotary kilns, in which a flame-forming primary gas is passed through the burner, while at least the majority of the air required for the combustion of the fuel is introduced into the rotary kiln as secondary air outside the burner, is characterized in that there is introduced into the burner a primary gas which, in comparison to air, is low in oxygen or is oxygen-free.

---

Tiedot otettu esp@cenetin tietokannasta - I2

P1596 PCT

⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 3530683 A1**

⑤ Int. Cl. 4:  
**F23D 17/00**  
F 23 D 1/00  
F 23 C 7/00  
F 23 N 3/00

⑳ Aktenzeichen: P 35 30 683.1  
㉑ Anmeldetag: 28. 8. 85  
㉒ Offenlegungstag: 12. 3. 87

Behördeneigentlich

DE 3530683 A1

㉑ Anmelder:

Pillard Feuerungen GmbH, 6204 Taunusstein, DE;  
Heidelberger Zement AG, 6900 Heidelberg, DE

㉒ Vertreter:

Weber, D., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Seiffert, K.,  
Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 6200 Wiesbaden

㉓ Erfinder:

Xeller, Horst, Dipl.-Ing., 6906 Leimen, DE; Schubert,  
Peter, 6093 Flörsheim, DE

㉔ Verfahren zur Herabsetzung der NO<sub>x</sub>-Emissionen von Drehrohröfen und Brenner zur Durchführung dieses Verfahrens

Ein Verfahren zur Herabsetzung der NO<sub>x</sub>-Emissionen von Drehrohröfen, bei denen ein flammenformendes Primärgas durch den Brenner geführt wird, während wenigstens der Hauptteil der für die Verbrennung des Brennstoffes erforderlichen Luft als Sekundärluft außerhalb des Brenners in den Drehrohröfen eingeführt wird, ist dadurch gekennzeichnet, daß man in den Brenner ein gegenüber Luft sauerstoffärmeres oder sauerstofffreies Primärgas einführt.

DE 3530683 A1

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herabsetzung der  $\text{NO}_x$ -Emissionen von Drehrohröfen, bei denen ein flammenformendes Primärgas durch den Brenner geführt wird, während wenigstens der Hauptteil der für die Verbrennung des Brennstoffes erforderlichen Luft als Sekundärluft außerhalb des Brenners in den Drehrohröfen eingeführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß man in den Brenner ein gegenüber Luft sauerstoffärmeres oder sauerstoffreies Primärgas einführt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man in den Brenner ein Primärgas mit einem Sauerstoffgehalt von 2 bis 15, vorzugsweise 4 bis 10 Vol.-% einführt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß man das Primärgas in den Brenner mit einer Temperatur von 80 bis  $350^\circ\text{C}$ , vorzugsweise von 120 bis  $350^\circ\text{C}$ , besonders von 140 bis  $300^\circ\text{C}$  einführt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß man dem Brenner als Primärgas wahlweise Abgase nach dem Drehrohröfen oder nach dem Wärmetauscher, oder Zwischengas aus dem Wärmetauscher, gegebenenfalls nach Vermischen derselben untereinander oder mit Luft zuführt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß man dem Brenner als Primärgas sauerstoffarme Verbrennungsgase eines anderen Brenners zuführt.
6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß man die Abgase vor dem Einführen in den Brenner entstaubt.
7. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß man die Abgase vor der Einführung in den Brenner kühlt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß man dem Drehrohröfen 3 bis 25 Vol.-% Primärgas und 75 bis 97 Vol.-% Sekundärgas zuführt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß man dem Drehrohröfen ein gegenüber Luft sauerstoffärmeres Sekundärgas zuführt.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß man beim Einsatz von teilchenförmigen Brennstoffen als Trägergas auch ein gegenüber Luft sauerstoffärmeres oder sauerstoffreies Trägergas einsetzt.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß man Primärgas, Sekundärluft und/oder Trägergas verwendet, die nicht einen gegenüber Luft höheren Stickstoffanteil aufweisen.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß man beim Einsatz von flüssigen Brennstoffen als Haupt- oder Stützbrennstoff als eventuell erforderliches Zerstäubungshilfsmittel ein gegenüber Luft sauerstoffärmeres oder sauerstoffreies Gas oder Wasserdampf verwendet.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß man das als das zur Flammenformung verwendete Primärgas und/oder das Trägergas für den teilchenförmigen Brennstoff mit unterschiedlichem Sauerstoffgehalt über ge-

trennte Kanäle zuführt.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß man das Primärgas und/oder Trägergas mit unterschiedlicher Temperatur zuführt.
15. Brenner zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 bis 14 mit konzentrisch angeordneten, zwischen sich Kanäle mit ringförmigem Querschnitt bildenden Rohren, mit einer Primärgaszuführung (13) und einem Drallkörper (5) in Verbindung mit einem inneren Kanal (2), mit einer Brennstoffzuführung (14) an einem weiter außen liegenden Kanal (3) und mit einer Primärgaszuführung (11) an einem noch weiter außen liegenden Kanal (4), dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt eines jeden Primärgas führenden Kanals (2, 4) mindestens etwa 1,2 mal, vorzugsweise mindestens etwa 1,3 mal, besonders mindestens etwa 1,4 mal größer als derjenige Querschnitt ist, der zur Flammenformung mit dem Primärgas einer Temperatur von  $20^\circ\text{C}$  erforderlich ist.
16. Brenner nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß er zusätzlich einen weiteren äußeren Kanal mit indirekter Kühlung des Trägerrohres durch ein Kühlmittel, vorzugsweise Luft oder Wasser, aufweist.
17. Brenner nach einem der Ansprüche 15 und 16, dadurch gekennzeichnet, daß er zusätzlich einen zweiten oder dritten weiteren Kanal für die Förderung von partikelförmigem Brennstoff aufweist, der mit gleicher oder unterschiedlicher  $\text{O}_2$ -Konzentration, Temperatur bzw. Austrittsgeschwindigkeit beaufschlagt wird.
18. Brenner nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß er getrennte Primärgaszuführungen (11, 13) hat.

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herabsetzung der  $\text{NO}_x$ -Emissionen von Drehrohröfen, die üblicherweise zur thermischen Behandlung mineralischer Rohstoffe, wie zur Herstellung von Zement oder Kalk oder zur Röstung von Eisenerzen verwendet werden, sowie einen Brenner zur Durchführung dieses Verfahrens.

Bei Kohlenstaubbrennern für Kesselfeuerungen ist es bekannt, zur Minderung der  $\text{NO}_x$ -Emissionen diese Brenner als Stufenmischbrenner auszubilden. Dabei wird das Kohlenstaub-Luftgemisch über einen ringförmigen Querschnitt dem Feuerraum zugeführt. Im brennermündungsnahen Bereich wird eine unterstöchiometrische primäre Verbrennungszone geschaffen, die eine Reduktion der aus dem Brennstoff stammenden Stickstoffverbindungen zu molekularem Stickstoff bewirkt.

Derartige Stufenbrenner lassen sich aber ausschließlich für stehende oder liegende Brennkammern, nicht jedoch für Drehrohröfen verwenden.

Drehrohröfen bestehen aus einem zum Brenner hin geneigten rotierenden Brennraum, dem die thermisch zu behandelnden mineralischen Rohstoffe am höhergelegenen Ende zugeführt werden. Am tiefergelegenen Ende des Brennraumes ragt der Brenner in sie hinein. Die Abgase der Verbrennung durchstreichen die Brennkammer und treten am höhergelegenen Ende aus, wo sie gewöhnlich über einen Wärmetauscher und einen nachgeschalteten Entstauber an die Atmosphäre abge-

führt werden. Typisch für Drehrohröfen ist es, daß nur ein kleiner Teil der für die Verbrennung des Brennstoffes erforderlichen Luft (typischerweise etwa 10%) durch den Brenner als Primärluft geführt wird, um der Flammenformung zu dienen, während der Hauptteil der für die Verbrennung erforderlichen Luft, gewöhnlich in der Größenordnung von 90%, als Sekundärluft mit meist hoher Temperatur (600–1000°C) im Brennerbereich, aber außerhalb des Brenners in den Drehrohröfen eingeführt wird.

Es ist bekannt, daß bei der Verbrennung im Brennstoff enthaltene Stickstoffverbindungen zu Stickoxiden  $\text{NO}_x$  verbrannt werden und daß außerdem ein Teil des Stickstoffs der zugeführten Verbrennungsluft thermisch ebenfalls zu Stickoxiden  $\text{NO}_x$  oxidiert wird.

Zunehmend wachsende Erkenntnisse über die Schädlichkeit von Stickoxiden zwingen dazu, auch bei Drehrohröfen Verfahren zu entwickeln, die  $\text{NO}_x$ -Emission herabzusetzen. Insbesondere bei Zementbrennöfen entstehen bei der dort aus Qualitätsgründen erforderlichen und nur wenig veränderbaren Fahrweise mit hohen Verbrennungstemperaturen und Luftüberschuß relativ hohe  $\text{NO}_x$ -Emissionen, insbesondere durch thermisches  $\text{NO}_x$ .

Katalytische Verfahren zur  $\text{NO}_x$ -Minderung sind bei Zementöfen bisher noch nicht bekannt bzw. erprobt. Eine deutliche  $\text{NO}_x$ -Minderung ist daher zur Zeit nur mit bestimmten Bauarten und Verfahren von Zementanlagen möglich.

Bei diesen Anlagen wird ein Teil des Brennstoffes in einem sogenannten Vorkalzinationsbrennraum, der zwischen dem Drehrohr und dem Wärmetauscher angeordnet ist, unter bestimmten definierten Bedingungen aufgegeben. Ein Umbau vorhandener Drehöfen auf dieses Spezialvorkalzinationsverfahren ist entweder gar nicht oder nur mit hohem Aufwand möglich.

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe bestand daher darin, ein möglichst einfach und billig durchführbares Verfahren zur Herabsetzung der  $\text{NO}_x$ -Emissionen von Drehrohröfen aller Art, unabhängig von der Vorwärmungs- oder Vorkalzinationsart zu bekommen, ohne die Funktionsweise und Leistung der Drehrohröfen einzuschränken.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herabsetzung der  $\text{NO}_x$ -Emissionen von Drehrohröfen, bei denen ein flammenformendes Primärgas durch den Brenner geführt wird, während wenigstens der Hauptteil der für die Verbrennung des Brennstoffes erforderlichen Luft als Sekundärluft außerhalb des Brenners in den Drehrohröfen eingeführt wird, ist dadurch gekennzeichnet, daß man in den Brenner ein gegenüber Luft sauerstoffarmes oder sauerstofffreies Primärgas einführt.

Mit diesem Verfahren kann man die thermische  $\text{NO}_x$ -Bildung im Brennerbereich erheblich reduzieren, so daß die  $\text{NO}_x$ -Emissionen des Drehrohröfens um 45% und mehr herabgesetzt werden können. Dieses Ergebnis ist äußerst überraschend, da nur ein relativ kleiner Anteil des dem Drehrohröfen zugeführten Gases sauerstofffrei oder sauerstoffarm gehalten wird, während die Sekundärluft, die einen Anteil von gewöhnlich mindestens 90% ausmacht, hinsichtlich des Sauerstoffgehaltes unverdünnt in die Brennkammer eingeführt wird.

Zweckmäßig ist es, bei einer Primärgastemperatur von 80 bis 350°C zu arbeiten. Es ist überraschend, daß die thermische  $\text{NO}_x$ -Bildung vermindert wird, wenn das Primärgas dem Brenner mit höherer Temperatur als üblich zugeführt wird. Dies ist im erfindungsgemäßen Verfahren von Bedeutung, da durch die höhere Tempe-

ratur des Primärgases dessen geringerer Sauerstoffgehalt kompensiert wird. Dies bedeutet, daß die Temperatur des Primärgases zweckmäßig umso höher ist, je niedriger sein Sauerstoffgehalt ist.

Als Primärgas können somit sauerstofffreie Gase oder Gasgemische eingesetzt werden. Zweckmäßig ist es aber, als Primärgas in den Brenner ein Gasgemisch mit gegenüber Luft vermindertem Sauerstoffgehalt einzuführen, zumal ein solches Primärgas auch keine allzu hohe Temperatur haben muß. Günstige Sauerstoffgehalte des dem Brenner zugeführten Primärgases liegen bei 2 bis 15, vorzugsweise bei 4 bis 10 Vol.-%. Sauerstoffgehalte oberhalb 15% ergeben einen relativ geringen Effekt bei der Reduzierung der  $\text{NO}_x$ -Emission und sind daher nicht bevorzugt.

Bevorzugte Temperaturen des dem Brenner zugeführten Primärgases liegen im Bereich von 120 bis 350°C, besonders im Bereich von 140 bis 300°C. Ein mit 140 bis 160°C eingeführtes Primärgas erwies sich als hervorragend wirksam, wenn der Sauerstoffgehalt in den obigen Bereichen lag.

Wenn man dem Brenner sauerstoffhaltiges Primärgas mit einem gegenüber Luft verminderten Sauerstoffgehalt zuführt, so kann man dieses Primärgas aus verschiedenen Quellen nehmen. Besonders zweckmäßig ist es, hierfür Abgase nach dem Drehrohröfen oder nach dem Wärmetauscher zu verwenden, die als solche oder nach Vermischen mit normaler Luft dem Brenner zugeführt werden. Die Verwendung der sonst in die Atmosphäre gehenden Abgase hat den Vorteil, daß ein verfahrenseigenes Abfallprodukt für die Verbesserung des Verfahrens ausgenutzt wird, und daß der Wärmeinhalt dieser Abgase zur Erzielung des erwünschten Effektes bezüglich einer Herabsetzung der  $\text{NO}_x$ -Emissionen ausgenutzt wird.

Beispielsweise kann man für das dem Brenner zugeführte Primärgas jene Abgase verwenden, die direkt hinter dem Wärmetauscher entnommen werden, welcher sich an das höherliegende Ende des Drehrohröfens anschließt. Solche Abgase haben beispielsweise einen Sauerstoffgehalt von etwa 4 %.

Stattdessen können auch Abgase verwendet werden, die nach einer Trocknungsanlage entnommen werden, die dem Wärmeaustauscher nachgeschaltet ist. Solche Abgase haben den Vorteil, daß sie bereits gereinigt sind, wenn sie nach dem Entstauber entnommen werden.

Brauchbar ist auch das Zwischengas, das man im Zusammenhang mit Drehrohröfen aus Rostvorwärmeröfen gewinnt.

Selbstverständlich können als Primärgas für den Brenner auch separat erzeugte sauerstoffarme Gase verwendet werden, wie beispielsweise solche, die bei der Verbrennung von Brennstoff in separaten kleinen Brennern entstehen.

In jedem Fall ist es zweckmäßig, bei der Verwendung von Abgasen als Primärgas für den Brenner diese Abgase vor der Einführung in den Brenner zu entstauben, um ein eventuelles Verstopfen der Brennerdüsen zu vermeiden.

Wie bei üblichen Drehrohröfen ist es auch im vorliegenden Verfahren zweckmäßig, dem Brenner etwa 5 bis 15 Vol.-% Primärgas und der Brennkammer außerhalb des Brenners etwa 85 bis 95 Vol.-% Sekundärgas zuzuführen. Im Falle der Zement- oder Kalkherstellung nimmt man dabei in üblicher Weise als Sekundärluft die Kuhlufte, die zur Kühlung des am unteren Ende des Drehrohröfens austretenden Klinkers verwendet wurde.

Es kann zweckmäßig sein, das Primärgas aufzuteilen und die einzelnen Ströme, zum Beispiel als Drallgas und Axialgas, und/oder das Trägergas für teilchenförmigen Brennstoff mit unterschiedlichem Sauerstoffgehalt und/oder unterschiedlicher Temperatur zuzuführen. Auch ein solches Trägergas und/oder beim Einsatz von flüssigen Brennstoffen als Haupt- oder Stützbrennstoff eventuell erforderliches Zerstäubungshilfsmittel ist zweckmäßig gegenüber Luft sauerstoffärmer oder sauerstofffrei.

Das erfindungsgemäße Verfahren läßt sich generell bei der Verwendung von Drehrohröfen anwenden, wie insbesondere bei der Herstellung von Zement und Kalk oder auch beim Rosten von Eisenerzen. Besonders zweckmäßig ist die Anwendung des Verfahrens in Verbindung mit Kohlestaubbrennern, die heute allgemein in Verbindung mit Drehrohröfen verwendet werden.

Die Erfindung betrifft auch einen speziellen Brenner zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Solche Brenner besitzen bekanntermaßen konzentrisch angeordnete, zwischen sich Kanäle mit ringförmigem Querschnitt bildende Rohre, eine Primärgaszuführung und einen Drallkörper in Verbindung mit einem inneren dieser Kanäle, eine Brennstoffzuführung an einem weiter außen liegenden dieser Kanäle und eine Primärgaszuführung an einem noch weiter außen liegenden dieser Kanäle. Um einen solchen Brenner im erfindungsgemäßen Verfahren zu benutzen, ist es erfindungsgemäß bevorzugt, daß der Querschnitt eines jeden Primärgas führenden Kanals des Brenners mindestens etwa 1,2 mal, vorzugsweise mindestens etwa 1,3 mal, besonders mindestens etwa 1,4 mal größer als derjenige Querschnitt ist, der zur Flammenformung mit dem Primärgas einer Temperatur von 20°C erforderlich ist.

Nach oben ergibt sich eine Begrenzung der Querschnittsfläche nur durch konstruktive Beschränkungen, da die Brennergröße nicht unbegrenzt sein kann. Es überrascht aber, daß bereits eine Querschnittsvergrößerung der Primärgas führenden Kanäle um den angegebenen Mindestwert zu einer einwandfreien Durchführbarkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens führt und eine ausgezeichnete Flammenformung ungeachtet der Temperatur des Primärgases ergibt.

In der Zeichnung ist ein senkrechter Schnitt durch einen für das erfindungsgemäße Verfahren verwendbaren Brenner gezeigt mit zwei Kanälen für die Zuführung des Luft-Inertgasgemisches bzw. des Inertgases, einem Kanal für partikelförmigen Brennstoff mit Trägerluft bzw. -gas, einem Düsenstock zur Zuführung von flüssigem oder gasförmigem Brennstoff.

Im innersten Mantelrohr 1 befindet sich der Düsenstock als Zuführung für flüssigen oder gasförmigen Brennstoff für den Anfahrbetrieb und bei Verfeuerung besonders geringwertiger fester Brennstoffe als Stützflamme. Dieses innerste Mantelrohr ist zwischen der als Düsenstock dargestellten zentralen Zuführung und dem ersten Zuführrohr konzentrisch angeordnet, welches den ringförmigen Kanal 2 umgibt. Durch diesen konzentrischen Kanal 2 strömt reine Luft oder Inertgas oder ein Gemisch aus beiden zur Erzeugung einer Divergenz- und Rotationskomponente über den Drallkörper 5 aus, der durch Einstellvorrichtungen 7 betätigt wird.

Radial nach außen wird im nächsten konzentrischen Kanal 3 das Kohlenstoff-Trägerluft- oder Trägergasgemisch mit niedrigstmöglicher Geschwindigkeit über die Brennstoffzuführung 14 zugeführt. Es strömt ohne jeden Einbau am Austritt axial oder, bei weniger verschleißenden Brennstoffen, über einen Divergenzkörper

per aus.

Im Außenkanal 4 strömt reine Luft oder Inertgas oder ein Gemisch aus beiden, die über die Primärgaszuführung 11 eingeführt werden und über Axialkörper austreten oder gegebenenfalls mit einem Auslaß 6 für leicht divergente Ausströmung in den Ofen geführt werden, die durch Einstellvorrichtungen 8 betätigt wird.

Durch den mittleren Kohlenstaubkanal 3 vermeidet man mit Vorteil tote Ecken und damit Schmelbrand. Die einzelnen Volumenströme der Primärluft bzw. des Primärgases werden im inneren Kanal 2 für Divergenz und Rotation über Einstellvorrichtungen 7, im äußeren Reinluftkanal 4 für Axialstrom mit schwacher Divergenz über die Verstellvorrichtung 8 geregelt und können mit unterschiedlichen Mischungen aus Luft und Inertgas und unterschiedlichen Temperaturen beaufschlagt werden. Dazu können beispielsweise die Kanäle 2 und 4 mit getrennten Primärgebläsen beaufschlagt werden. Diese werden Gasgemischen aus unterschiedlichen Quellen oder in unterschiedlicher Mischung zugeführt. Dem Kanal 2 wird Luft und/oder Inertgas über die Primärgaszuführung 13 zugeführt.

Die Austrittsgeschwindigkeiten aus den Kanälen 2 und 4 werden für Divergenz und Rotation über die Verstellvorrichtung 9 und für Axialstrom und schwache Divergenz (äußerer Reinluftkanal 4) über die Verstellvorrichtung 10 eingestellt.

Im Einströmteil werden durch niedrige Geschwindigkeiten und minimale Umlenkung hohe Standzeiten der Verschleißeinbauten 12 erzielt, die wegen des geringen Trägerlufteinsatzes klein bemessen und in kürzester Zeit ausgewechselt werden können.

Das Außenmantelrohr wird zweckmäßigerweise mit einer feuertesten Ummantelung versehen und dient zugleich der Befestigung des Brenners im Brennerträger. Dadurch sind alle Einbauten in Betriebsposition des Brenners durch Einschubsysteme leicht auswechselbar. Auch die Verschleißeinbauten 12 im Einströmbereich des Trägerluft-Brennstoffgemisches sind leichter auswechselbar, so daß der Austausch nur minimale Unterbrechungen von wenigen Minuten hervorruft.

Da der Kanal 3 für Trägerluft-Kohlenstaub zwischen zwei Reinluftkanälen 2, 4 liegt, kann für die pneumatische Förderung wahlweise anstelle der Trägerluft oder des Trägerluftinertgasgemisches auch ein gasförmiger Hilfsbrennstoff eingesetzt werden, um beispielsweise die Zündung eines Brennstoffes mit besonders geringem Gehalt an flüchtigen Bestandteilen und hohem Aschegehalt zu verbessern. Außerdem wird durch diese Anordnung die Gefahr der Beschädigung des Außenmantelrohres oder der zentralen flüssigen oder gasförmigen Zündkomponente durch besonders abrasiven Brennstoff beseitigt.

Weiterhin kann der gezeigte Brenner auch noch um ein oder zwei weitere Kanäle erweitert werden.

Um den Kanal 4 kann ein weiterer Kanal angeordnet werden, in welchen zur Kühlung Wasser oder Kaltluft geleitet werden. Mit einer geeigneten Konstruktion wird das Kühlmedium zur Brennerspitze geführt und dann nach Erwärmung wieder zurückgeleitet, d. h. das Kühlmedium wird nicht in den Brennraum entlassen.

Wahlweise oder zusätzlich kann zwischen Kanal 1 und Kanal 2 oder zwischen Kanal 3 und 4 ein weiterer Kanal für die Förderung von partikelförmigem Brennstoff mit Luft- bzw. Inertgasgemischen eingebaut werden.

Durch eine geeignete Einstellung der Austrittsgeschwindigkeiten, -mengen, der einstellbaren Mischun-

gen aus Inertgas und Luft sowie der wählbaren Temperaturen kann der Brenner hinsichtlich der Anforderungen an die  $\text{NO}_x$ -Minderung und die Qualitäts- sowie wirtschaftlichen Belange optimiert werden.

#### Beispiel

Mit einer 1000 t/d-Drehrohrofenanlage mit Zyklonvorwärmer zur Zementherstellung wurde unter Verwendung eines Brennstoffes bestehend aus 30% Braunkohle und 70% Petrolkoks die Verminderung der  $\text{NO}_x$ -Emissionen durch Verdünnung der dem Brenner zugeführten Primärluft mit Ofenabgas untersucht.

Hierzu wurde direkt hinter dem Wärmetauscher entnommenes Abgas mit einem Restsauerstoffgehalt von etwa 4 % (WT-Abgas) verwendet, und dieses hatte eine Temperatur von ca. 330°C. Dieses Ofenabgas wurde mit Luft vermischt, so daß die Temperatur des Gasgemisches 150°C besaß und der Sauerstoffgehalt des Gemisches von Primärluft und Abgas 13 Vol.-% betrug.

Bei Zuführung eines solchen Gemisches zu dem Brenner als Primärgas stellte man fest, daß die Klinkerqualität und der Wärmeverbrauch unverändert bleiben.

Der  $\text{NO}_x$ -Gehalt im Abgas wurde jedoch bei dieser Verfahrensführung um ca. 20% gesenkt. Durch Optimierung der Verfahrensparameter läßt sich dieser Wert noch mindestens verdoppeln.

30

35

40

45

50

55

60

65

Nummer:  
Int. Cl. 4:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

35 30 683  
F 23 D 17/00  
28. August 1985  
12. März 1987

3530683

